

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-320721

(43)Date of publication of application : 04.12.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 10-068917

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 18.03.1998

(72)Inventor : IWASAKI HITOSHI  
KAMIGUCHI YUZO  
SAHASHI MASASHI

(30)Priority

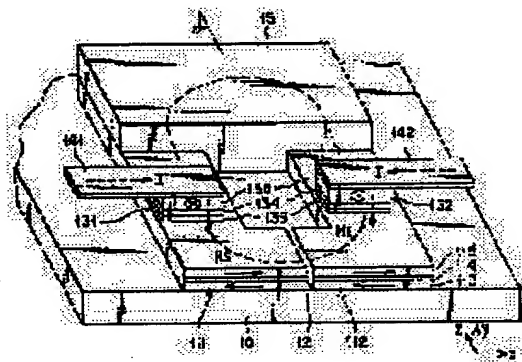
Priority number : 09 64474 Priority date : 18.03.1997 Priority country : JP

## (54) MAGNETO-RESISTANCE EFFECT HEAD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magneto-resistance effect head utilizing a yoke, highly sensitive and suitable for running in contact with a medium/head.

**SOLUTION:** This magneto-resistance effect head is provided with the magnetic yokes 111, 112 to regulate a magnetic gap 12 for leading a signal magnetic field from a recording medium on the surface confronted with the recording medium, huge magneto-resistance effect elements 131, 132 magnetically coupled with the magnetic yokes 111, 112 at the positions away from the surface confronted with the recording medium, and means 141, 142 for supplying a sense current in the direction perpendicular to film surfaces of the huge magneto-resistance effect elements 131, 132.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320721

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-68917

(22) 出願日 平成10年(1998)3月18日

(31) 優先権主張番号 特願平9-64474

(32) 優先日 平9(1997)3月18日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 岩崎 仁志

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 上口 裕三

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 佐橋 政司

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

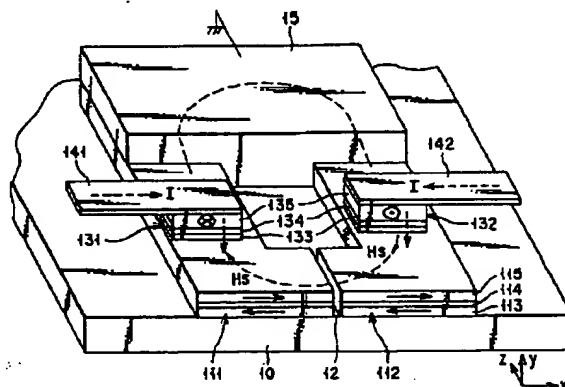
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 高感度かつ媒体/ヘッドの接触走行に適したヨーク型磁気抵抗効果ヘッドを提供する。

【解決手段】 記録媒体対向面で記録媒体からの信号磁界を導くための磁気ギャップ(12)を規定する磁気ヨーク(111、112)と、記録媒体対向面から離れた位置で磁気ヨークと磁気的に結合した巨大磁気抵抗効果エレメント(131、132)と、巨大磁気抵抗効果エレメントの膜面垂直方向にセンス電流を供給する手段(141、142)とを有する磁気抵抗効果ヘッド。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】記録媒体対向面で記録媒体からの信号磁界を導くための磁気ギャップを規定する磁気ヨークと、記録媒体対向面から離れた位置で前記磁気ヨークと磁気的に結合した巨大磁気抵抗効果エレメントと、巨大磁気抵抗効果エレメントの膜面に垂直な方向にセンス電流を供給する手段とを具備したことを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項2】巨大磁気抵抗効果エレメントが、非磁性マトリックス中に磁性粒子を分散させた構造のグラニューラ磁性膜を有することを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項3】巨大磁気抵抗効果膜は、磁界検出層、非磁性層、および磁化固着層の積層構造を有することを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項4】2組の巨大磁気抵抗効果エレメントを有し、これらの巨大磁気抵抗効果エレメントは、磁気ヨークに導入された信号磁界の方向が互いに異なる2つの位置において、磁気ヨークと磁気的に結合していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項5】2組の巨大磁気抵抗効果エレメントにおける固着された磁化の方向が、互いに概ね反対方向に向いていることを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項6】2組の巨大磁気抵抗効果エレメントにおける固着された磁化の方向が、互いに概ね同方向に向いていることを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項7】センス電流が巨大磁気抵抗効果エレメントから磁気ヨークを通して流れ、磁気ヨークが接地電位に設定されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はヨーク型磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】ハードディスクドライブ（HDD）などの磁気記録装置では、1インチ平方当たり10Gビット以上の超高密度記録が目標になってきている。記録密度を向上するには、記録媒体の記録トラック幅を狭くしてトラック密度を向上し、かつ記録トラック方向の線記録密度を向上しなければならない。トラック幅の狭い媒体からの読み出しには高感度な再生ヘッドが必要となる。このため、異方性磁気抵抗効果を利用した従来の磁気ヘッドよりも、非常に大きな抵抗変化率が得られる、巨大磁気抵抗効果を利用した磁気ヘッドが有望である。また、線記録密度の高い記録媒体からの読み出しには、接触動作または疑似接触動作が可能になるようにヘッドと記録媒体との間隔を狭めるとともに、再生ギャップ長を

狭めることも重要になる。

【0003】従来、ヘッド基板の記録媒体との対向面（ABS面）側に磁気抵抗効果エレメント（MRエレメント）を配置し、その両側に磁気シールドを設けた構造のシールド型MRヘッドが知られている。しかし、MRエレメントは、センス電流が流されるため、媒体と接触すると電氣的に不安定な状態になり、最悪の場合にはヘッドが電氣的に破壊する。また、媒体との接触により発生する熱のために、MRエレメントの温度が上昇してヘッド動作が不安定になることもある。さらに、磁気シールド間にMRエレメントを配置する構造では、狭ギャップ化が困難である。

【0004】これらの問題点を解消する目的で、ヨーク型MRヘッドが提案されている（たとえば IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-26(1990) 2406）。ヨーク型MRヘッドは、ヘッド基板のABS面で磁気ギャップを規定するように形成された磁気ヨークと、磁気ヨークと電氣的に絶縁して形成された2つのMRエレメントを有する。MRエレメントには、その膜面に沿ってセンス電流が流される。このような構造では、磁気ヨークとMRエレメントとが絶縁されているので、磁気ヨークが記録媒体に接触してもMRエレメントへの悪影響がない。また、磁気ヨークで規定される磁気ギャップ内にMRエレメントや電極を設ける必要がないので、狭ギャップ化が比較的容易である。

【0005】一方、この構造では、MRエレメントをABS面から後退させると再生感度が大幅に減少するため、十分な再生感度を得るためにMRエレメントをできる限り媒体側に近付ける必要がある。しかし、スピンバルブのように金属積層膜からなるGMRエレメントを媒体に近付けて配置しようとする、磁気ヨークとの電氣的絶縁の確保や、電極の形成が極めて困難になる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、高感度で、媒体／ヘッドの接触動作に適したヨーク型磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気抵抗効果ヘッドは、記録媒体対向面で記録媒体からの信号磁界を導くための磁気ギャップを規定する磁気ヨークと、記録媒体対向面から離れた位置で磁気ヨークと磁気的に結合した巨大磁気抵抗効果エレメント（GMRエレメント）と、巨大磁気抵抗効果エレメントの膜面に垂直な方向にセンス電流を供給する手段とを有する。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明をより詳細に説明する。

【0009】本発明において、記録媒体対向面で記録媒体からの信号磁界を導くための磁気ギャップを規定する磁気ヨークは単層の磁性膜で構成してもよい。この場

合、磁性膜としては、NiFe:CoZrNbなどの非晶質膜; FeTaN、FeHfCなどの微結晶膜; FeAlSiなどの軟磁性膜を用いることができる。ただし、磁気ヨークは、厚さ0.01~0.5 $\mu$ mの磁性層と、Ta、Cr、AlNなどからなる厚さ1~50nmの非磁性層とを交互に積層し、少なくとも2層の磁性層を含む積層構造を有するものが好ましい。このような積層構造を有する磁気ヨークは、磁区制御が容易でありバルクハウゼンノイズを効果的に抑制できる。

【0010】本発明において、GMRエレメントは、磁界検出層（または領域）と磁化固着層（または領域）を有し、スピン依存散乱に基づく抵抗変化を利用する。具体的には、以下のような構造を有するGMRエレメントを用いることが好ましい。好適なGMRエレメントの一例は、厚さ1~200nmの強磁性層（磁界検出層またはフリー層）と、絶縁体または半導体からなる厚さ1~50nmの高抵抗の非磁性層と、厚さ1~200nmの磁化が固着された強磁性層（磁化固着層またはピン層）との積層構造を有する。好適なGMRエレメントの他の例は、半導体または絶縁体からなる高抵抗の非磁性マトリックス中にCo、Fe、Niまたはこれらの合金からなる磁性粒子を分散させたグラニュー磁性膜を有する。グラニュー磁性膜では、一方の表面に近い領域が領域が磁界検出領域、他方の表面に近い領域が磁化固着領域となる。

【0011】強磁性層（ピン層）の磁化を固着するには、例えばIr<sub>2</sub>Mn<sub>78</sub>、CrMn、NiMnなどの反強磁性層を積層した構造にする。このような積層構成の具体例としては、Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe/IrMn、Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Co/IrMn、Co/CoO/Co/IrMn、Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>/IrMn、Fe/Si/Fe/CrMnなどが挙げられる。なお、ピン層としてCoPtなどの硬質磁性膜を用い、反強磁性層を省略してもよい。

【0012】上記のような構造を有するGMRエレメントは高抵抗である。本発明では、センス電流をGMRエレメントの膜面に垂直な方向に供給するので、高抵抗のGMRエレメントを用いれば比較的大きな抵抗が得られ、大きな再生出力が期待できる。

【0013】一方、GMRエレメントとしては、スピンバルブのような、強磁性層（フリー層）、金属非磁性層および強磁性層（ピン層）を積層したものも知られている。しかし、すべての層が金属からなるGMRエレメントでは、膜面に垂直な方向にセンス電流を流すと、抵抗が著しく低下する。このため、抵抗変化率が大きくても微小な再生出力しか得られない。

【0014】フリー層、高抵抗非磁性層およびピン層を積層した構造を有するGMRエレメントは、磁気ヨーク上に直接フリー層を設けて交換結合させてもよいし、磁気ヨーク上に絶縁層を挟んでフリー層を設けて静磁結合

させてもよい。なお、磁気ヨーク上に高抵抗非磁性層およびピン層を積層した構造にして、磁気ヨークにフリー層としての機能を持たせてもよい。ピン層の磁化の方向は、磁気ヨークがGMRエレメントと磁気的に結合している位置において、磁気ヨークへ流入した信号磁界の方向と概ね平行または反平行となるように固着することが好ましい。このGMRエレメントでは、信号磁界により磁気ヨークの磁化が回転すると、フリー層の磁化も磁気ヨークの磁化の方向に回転する。この結果、磁気ヨークの磁化方向の変動に応じて、フリー層とピン層の磁化のなす角度が変化してスピン依存散乱に伴う抵抗変化を生じる。

【0015】グラニュー磁性膜を有するGMRエレメントは、たとえば磁気ヨーク上にグラニュー磁性膜を設けて磁気的に結合させ、グラニュー磁性膜上に磁化固着膜（ピン層）および反強磁性層を形成する。グラニュー磁性膜のピン層の近傍の領域（磁化固着領域）にある磁性粒子の磁化は、交換結合により概ねピン層の磁化の方向に向く。一方、グラニュー磁性膜の磁気ヨークの近傍の領域（磁界検出領域）にある磁性粒子は、磁気ヨークと交換結合を起こす。このGMRエレメントでは、信号磁界により磁気ヨークの磁化が回転すると、磁気ヨーク近傍のグラニュー磁性膜中の磁性粒子の磁化も磁気ヨークの磁化の方向に回転する。この結果、磁気ヨークの磁化方向の変動に応じて、グラニュー磁性膜の厚み方向に沿って隣接する磁性粒子間の磁化のなす角度が変化し、スピン依存散乱に伴う抵抗変化を生じる。

【0016】本発明では、GMRエレメント上に電極を設け、センス電流をGMRエレメントの膜面に垂直な方向に供給し、さらに磁気ヨークを通して流す。このような構成では、磁気ヨークを接地電位に設定することができるので、磁気ヨークが媒体に接触しても安定な再生を実現できる。

【0017】本発明の磁気抵抗効果ヘッドは、磁気ヨークの厚み方向が概ねトラック方向に一致する構造、または磁気ヨークの厚み方向が概ねトラック幅方向に一致する構造のいずれでもよい。

【0018】磁気ヨークの厚み方向が概ねトラック方向に一致するMRヘッドは、より具体的には以下のような構造を有する。ヘッドの中央部において、厚さ0.01~0.1 $\mu$ mの磁気ヨーク上に、媒体対向面から離れた位置で、この磁気ヨークと磁気的に結合したGMRエレメントが形成される。この中央部の磁気ヨークおよびGMRエレメントの上下に、2つの磁気ギャップ膜が形成される。さらに、磁気ギャップ膜の上下に、厚さ0.5~3 $\mu$ mの2つの磁気ヨークが形成される。実際には、ヘッド基板上に、トラック方向に沿って、外側の磁気ヨーク膜、磁気ギャップ膜、中央の磁気ヨーク膜、GMRエレメント、磁気ギャップ膜、および外側の磁気ヨーク膜が積層される。外側の2つの磁気ヨークは、GMRエ

10

20

30

40

50

・反対の方向に固着されている。2組のGMRエレメント131、132のフリー層133はフロントヨーク111、112と磁的に結合されており、フロントヨーク111、112とフリー層133の磁化方向は概ね同方向になる。そして、媒体磁界によりフロントヨーク111、112の磁化が回転すると、その回転に合わせてフリー層133の磁化も回転する。この結果、ピン層135とフリー層133との磁化のなす角度が変化してGMRエレメント131、132の抵抗が変化し、信号が検出される。

【0028】図1の磁気抵抗効果ヘッドでは、2組のGMRエレメントを用いているので、以下に説明するように大きな再生出力が得られる。すなわち、媒体磁界がフロントヨーク111、112に流入すると、それぞれのGMRエレメントが積層されている位置で、フロントヨーク111、112の磁化は互いに逆方向に回転する。それぞれのGMRエレメントのピン層135の磁化は、互いに180°反対の方向に向いている。このため、いずれのGMRエレメントでも媒体磁界に対して抵抗変化が増大（または減少）する。したがって、抵抗変化が重畳されるので、大きな再生出力が得られる。一方、外部からのノイズ磁界に対しては、両方のフロントヨーク111、112の磁化は同方向に回転する。しかし、それぞれのGMRエレメントのピン層135の磁化は、互いに180°反対の方向に向いている。このため、ノイズ磁界に対して、一方のGMRエレメントでは抵抗変化が増大し、他方のGMRエレメントでは抵抗変化が減少する。したがって、トータルではノイズ磁界は検出されない。

【0029】以下、図1に示す磁気抵抗効果ヘッドの製造方法について説明する。

【0030】フロントヨークおよびギャップ膜は以下のようにして形成する。まず、フロントヨークを構成する強磁性層、非磁性層および強磁性層を成膜する。この際、磁界中成膜により、強磁性層に誘導磁気異方性を導入する。強磁性層としては、NiFe合金、CoZrNb合金などのCo系アモルファス、FeTaNなどの窒化膜が用いられる。この積層膜をイオンミリング、反応性イオンエッチング（RIE）、フォーカスドイオンビーム（FIB）などの方法により所定形状にエッチング加工してフロントヨークを形成する。次に、SiO<sub>x</sub>などの絶縁体をコリメーションスパッタなど指向性のある方法により成膜してフロントヨーク間に埋め込み、ギャップ膜を形成する。SiO<sub>x</sub>はギャップ以外の領域にも成膜される。次いで、エッチバックまたは研磨により、ギャップ膜およびフロントヨークをトラック幅以下の所定厚みに平坦化する。こうした方法により、狭いトラック幅に対応するヨークを容易に形成できる。

【0031】なお、ギャップ膜をスパッタなどにより形成しRIEなどによりフロントヨークが形成される領域

を除去して加工し、フロントヨークを成膜して所定形状に加工した後、平坦化してもよい。また、片側のフロントヨークを成膜して所定形状に加工し、ギャップ膜を成膜して所定形状に加工し、さらに残りのフロントヨークを成膜して所定形状に加工した後、平坦化を行ってもよい。ただし、後者の方法ではギャップ面がトラック幅方向に対して若干傾く。

【0032】GMRエレメントは、フリー層、非磁性層、ピン層、保護膜をスパッタなどにより順次成膜した後、イオンミリングなどの方法により所定形状にエッチング加工して形成する。フリー層およびピン層としては、Co、Ni、Fe単体またはこれらを主成分とする合金が用いられる。例えば、CoFe、NiFe、Fe、NiFeCo、CoNi、Coなどが挙げられる。非磁性層としては、Siなどの半導体、Al、O、などの絶縁体、フリー層またはピン層を構成する磁性体の酸化物が用いられる。保護膜としては、Ta、Ti、Nb、Moなどが用いられる。なお、フロントヨークをGMRエレメントのフリー層として用いれば、フリー層を独立に形成する必要はない。

【0033】リアヨークは、リフトオフ、メッキなどの方法により形成することが好ましい。これは、リアヨークを例えばイオンミリングで加工しようとする、オーバエッチングによりGMRエレメントにダメージが生じるおそれがあるためである。リアヨークとしては、NiFe合金、アモルファス合金、FeまたはCoを主成分とし窒素、炭素、酸素を含む微結晶膜などの軟磁性膜が用いられる。

【0034】GMRエレメントにセンス電流を通電するための電極、リアヨークに接続される接地電極端子は以下のようにして形成する。まず、GMRエレメントおよびリアヨークを覆うようにSiO<sub>x</sub>などの絶縁層を形成する。この絶縁層のGMRエレメント上およびリアヨーク上の端子部にコンタクトホールを形成する。次に、Ta/Cu/Taなどの電極材料をスパッタしてコンタクトホール内部に電極を埋め込む。この電極材料をイオンミリングなどの方法で所定形状に加工することにより電極を形成する。なお、リアヨークはGMRエレメントを形成する前に形成してもよい。

【0035】以上では、1対のフロントヨーク上にそれぞれGMRエレメントを形成した場合について説明したが、どちらか一方のフロントヨーク上のみGMRエレメントを形成してもよい。この場合、外部からのノイズ磁界の流入を防ぐために、GMR/ヨーク部を磁気シールドする必要がある。この磁気シールドの一部は再生部の上に積層形成される記録部の磁極と兼用してもよい。

#### 【0036】実施例2

実施例1（図1）では2組のGMRエレメント131、132のピン層の磁化の方向を互いに概ね逆方向に設定したが、GMRエレメント131、132のピン層の磁

化の方向を概ね同方向に設定してもよい。この場合、図2に示すように、2組のGMRエレメント131、132の出力端に差動アンプ16を設けて、一方のGMRエレメント132の出力の符号のみを反転させ、他方のGMRエレメント131の出力と加算する。

【0037】実施例1で説明したように、媒体磁界 $H_s$ がフロントヨーク111、112に流入すると、それぞれのGMRエレメントが積層されている位置で、フロントヨーク111、112の磁化は逆方向に回転する。ここで、それぞれのGMRエレメント131、132のピン層135の磁化が同方向に向いていると、それぞれのGMRエレメントで抵抗変化の増大または減少が互いに逆になる。このとき、差動アンプ16により一方のGMRエレメント132の出力の符号のみを反転させ、他方のGMRエレメント131の出力と加算すれば、抵抗変化が重畳されるので、大きな再生出力が得られる。一方、外部からのノイズ磁界に対しては、2組のGMRエレメントにおける抵抗変化を相殺することができるので、ノイズ磁界は検出されない。したがって、高出力で、S/N比の良好な再生が可能になる。

#### 【0038】実施例3

図3に本実施例における磁気抵抗効果ヘッドの断面図を示す。この図は、トラック方向(x方向)および媒体面に垂直な方向(z方向)に沿った断面を表している。この磁気抵抗効果ヘッドでは、磁気ヨークの厚み方向とトラック方向とが概ね一致している。

【0039】基板10にはNiFe、非晶質CoZrNbなどからなる第1の磁気ヨーク211が形成されている。この第1の磁気ヨーク211の一部はエッチング除去されて絶縁体22が埋め込まれている。磁気ヨーク211のABS面側の部分および絶縁体22の上にはTa、Crなどの非磁性の導電体からなる厚さ0.01~0.1 $\mu$ mの下部磁気ギャップ膜212が形成されている。下部磁気ギャップ膜212および磁気ヨーク211のABS面から後退した部分の上に厚さ0.01~0.2 $\mu$ mの第2の磁気ヨーク213が形成されている。このようにABS面から後退した部分では、第1および第2の磁気ヨーク211、213が直接接しているため、磁気回路の効率を向上できる。第2の磁気ヨーク213上(絶縁体22の上方に対応する位置)には、GMRエレメント23が形成されている。GMRエレメント23はフリー層231/高抵抗の半導体または絶縁体からなる非磁性層232/ピン層233/保護膜234の積層体からなっている。このようにGMRエレメント23に接する第2の磁気ヨーク213の下部には下部磁気ギャップ膜212および絶縁体22が設けられているため、媒体磁界をGMRエレメントに有効に導入することができる。GMRエレメント23上には電極24が形成されている。GMRエレメント23および電極24ならびに第2の磁気ヨーク213のABS面から後退した部分の

一部を覆うように、厚さ0.01~0.1 $\mu$ mの上部磁気ギャップ膜214が形成されている。この上部磁気ギャップ膜214はGMRエレメント近傍では磁氣的かつ電氣的な絶縁体であることが不可欠であるが、ABS面近傍では導電体であってもよい。さらに、上部磁気ギャップ膜214および第2の磁気ヨーク213のABS面から後退した部分の一部を覆うように第3の磁気ヨーク215が形成されている。図示しないが、再生部の上には記録部が積層して形成されている。

10 【0040】この磁気抵抗効果ヘッドにおいて、センス電流は電極24からGMRエレメント23の膜面に垂直な方向に供給され、接地電位に設定された第2の磁気ヨーク213へ流れる。したがって、ヘッドが媒体と接触しても、安定な再生を実現できる。この磁気抵抗効果ヘッドにおいても、磁気ヨーク213から吸い上げられた信号磁束は、磁気ヨーク211、215によって形成される磁気回路に流入し、磁気ヨーク213と接するGMRエレメントのフリー層231に効率よく伝搬されて再生が行なわれる。また、上述したように下部磁気ギャップ膜212、第2の磁気ヨーク213および上部磁気ギャップ膜214の厚さを薄くすることにより、容易に狭ギャップを形成することができる。

【0041】なお、図3においても、磁気ヨーク213をGMRエレメントのフリー層として用いれば、フリー層を独立に形成する必要はない。

#### 【0042】実施例4

実施例1および2のGMRエレメントの構成を変化させた変形例について図4(A)および4(B)を参照して説明する。図4(A)および4(B)は磁気ヨークおよびその上に形成されたグラニューラーGMRエレメントを示す。

30 【0043】図4に示すGMRエレメント31は、厚さ1~100nmのグラニューラー磁性膜32、厚さ1~20nmの磁化が固着された強磁性層(ピン層)33、厚さ3~50nmの反強磁性層34、および厚さ1~50nmの保護膜(図示せず)を積層した構造を有する。このGMRエレメント31は磁気ヨーク35上に磁氣的に結合するように積層される。なお、グラニューラー磁性膜32と磁気ヨーク35との間の磁氣的結合を安定させるために、強磁性層を挿入してもよい。上記のグラニューラー磁性膜32は、非磁性マトリックス321中に平均粒径20nm以下の磁性粒子322を分散させたものである。非磁性マトリックス321は半導体または絶縁体からなる。磁性粒子322はCo、Fe、Niの単体またはこれらの合金からなる。ピン層33はCo、Fe、CoFe、NiFe、NiFeCoなどからなる。反強磁性層34はIrMn、FeMn、CrMnなどからなる。ピン層33の磁化は反強磁性層34によって固着されている。なお、ピン層33としてCoPtなどの硬質磁性膜を用い、反強磁性層34を省略してもよい。図示

しない保護膜はTa、Zr、Tiなどの導電膜からなる。

【0044】グラニュー磁性膜を構成する磁性粒子は外部磁界がほぼゼロのときにパラ磁性であってもよいが、各磁性粒子間に弱い交換結合が働くように非磁性マトリックス中に分散させて強磁性とすることが望ましい。このようなグラニュー磁性膜は、非磁性マトリックスと磁性粒子の2つのターゲットを同時スパッタすることにより形成できる。好ましいグラニュー磁性膜としてはCo/A1-Oなどが挙げられる。ピン層33は、信号磁界が流入していないときの磁気ヨーク35の磁化方向と概ね直交する方向（磁気ヨークに流入した信号磁界と概ね平行または反平行な方向）に着磁することが好ましい。

【0045】磁気ヨーク35近傍の領域（磁界検出領域）のグラニュー磁性膜32中の磁性粒子の磁化は磁気ヨーク35の磁化と同方向に揃いやすくなる。磁化固着層33近傍の領域（磁化固着領域）のグラニュー磁性膜32中の磁性粒子の磁化は磁化固着層33の磁化方向と同方向に揃いやすくなる。この結果、信号磁界がほぼゼロのときには、磁気ヨーク35近傍のグラニュー磁性膜32中の磁性粒子の磁化と、磁化固着層33近傍のグラニュー磁性膜32中の磁性粒子の磁化は概ね直交する。

【0046】この状態で磁気ヨーク35に信号磁界H<sub>s</sub>が流入したときの、ピン層33近傍および磁気ヨーク35近傍の2つの領域でのグラニュー磁性膜32中の磁性粒子の磁化方向を考える。図4（A）のように、ピン層33の磁化方向と同方向の信号磁界（正の信号磁界と呼ぶ）が磁気ヨーク35に流入すると、2つの領域の磁化方向は平行になる。逆に、図4（B）のように、ピン層33の磁化方向と反対方向の信号磁界（負の信号磁界と呼ぶ）が磁気ヨーク35に流入すると、2つの領域の磁化方向は反平行になる。この結果、信号磁界に応じて線形応答が得られ、歪みが少なくSN比の良好な再生信号が得られる。

#### 【0047】実施例5

図5（A）および5（B）に本発明の別の実施例を示す。図5（A）に示すように、基板10上に、媒体対向面で磁気ギャップを規定する2組の磁気ヨーク411、412が、厚み方向がトラック幅方向と一致するように形成されている。磁気ヨーク411、412は、媒体対向面から離れた位置で、GMRエレメント43と磁氣的に結合して、磁気回路を形成する。

【0048】図5（B）にGMRエレメント43と磁気ヨークの詳細を示す。図5（B）は図5（A）の5B-5B線に沿った断面を示す。磁気ヨーク411、412の間には、Taなど磁氣的絶縁体42が埋め込まれ、磁気ギャップを形成している。これらの上に、フリー層431、非磁性層432、ピン層433、反強磁性層434

からなるGMRエレメント43が形成される。

【0049】フリー層431は磁氣的絶縁体42をまたいで磁気ヨーク411、412上に接するように形成されている。フリー層432上には非磁性層432が形成されている。非磁性層432上には絶縁層44が設けられ、磁気ギャップに対応する部分がエッチングされて溝が形成されている。ピン層433は、絶縁層44に形成された溝に埋め込まれて、概ね磁気ギャップと等しい幅に形成されている。ピン層433上に反強磁性層434が形成されている。反強磁性層434および絶縁層44上に電極45が形成されている。磁気ヨーク411、412は他方の電極として機能し、アース電位に設定されている。センス電流は電極45から、GMRエレメント43の膜面に垂直な方向に流れ、アース電位の磁気ヨーク411、412へ流れる。GMRエレメント43の電極部の抵抗を低減するために、磁氣的絶縁体42は、電気抵抗の小さい金属であることが好ましい。

【0050】フリー層431にはz方向に磁化容易軸が付与されており、信号磁界がゼロのときには、フリー層431の磁化はz方向に向く。ピン層433の磁化は、反強磁性層434により、トラック方向（図中のx方向）に固着されている。この方向は、信号磁界が磁気ヨーク411、412を通してGMRエレメントのフリー層431に流入する方向に平行または反平行である。したがって、ピン層433の磁化の方向と同方向の信号磁界が加わると、GMRエレメントの抵抗は減少する。逆に、ピン層433の磁化と反対方向の信号磁界が加わると、GMRエレメントの抵抗は増大する。この結果、信号磁界を再生できる。

【0051】図5（B）では、磁気ヨーク411、412上に直接フリー層431が形成され、両者は交換結合している。ただし、両者の間に電氣的な絶縁層を挟んで、両者を静磁的に結合させ、フリー層431に電極を接続してアース電位にしてもよい。この場合、磁気ヨーク411、412にはセンス電流が流れないので、極めて安定な接触動作が可能になる。

#### 【0052】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、高感度かつ媒体／ヘッドの接触走行に適したヨーク型磁気抵抗効果ヘッドを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1における磁気抵抗効果ヘッドの斜視図。

【図2】実施例2の磁気抵抗効果ヘッドにおける差動アンプを含む検出回路を示す図。

【図3】実施例3における磁気抵抗効果ヘッドの断面図。

【図4】実施例4の磁気抵抗効果ヘッドに関して、信号磁界が一方および逆方向に向いているときの、グラニュー磁性膜の磁化の方向を示す図。



13

14

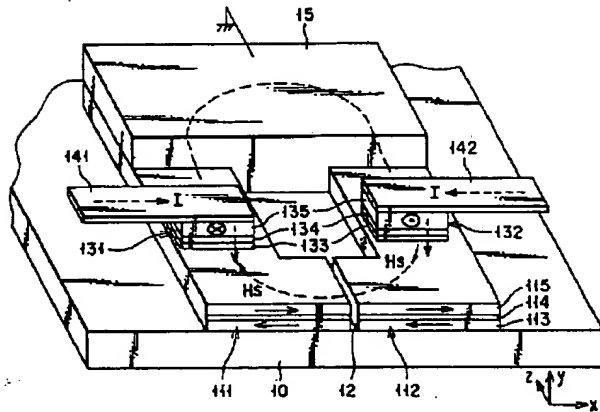
【図5】実施例5における磁気抵抗効果ヘッドの斜視図および断面図。

【符号の説明】

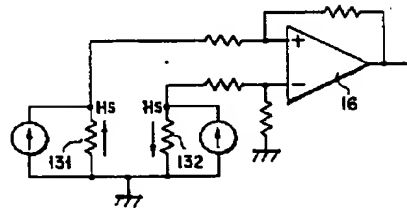
10…基板  
111、112…フロントヨーク  
12…磁気ギャップ  
113…強磁性層  
114…非磁性層  
115…強磁性層  
131、132…GMRエレメント  
133…フリー層  
134…非磁性層  
135…ピン層  
141、142…電極  
15…リアヨーク  
16…差動アンプ  
211…第1の磁気ヨーク  
22…絶縁体  
212…下部磁気ギャップ  
213…第2の磁気ヨーク  
23…GMRエレメント

\* 231…フリー層  
232…非磁性層  
233…ピン層  
234…保護膜  
24…電極  
215…第3の磁気ヨーク  
31…GMRエレメント  
32…グラニューラー型の磁性膜  
33…磁化固着膜  
34…反強磁性膜  
35…磁気ヨーク  
411、412…磁気ヨーク  
42…磁気ギャップ  
43…GMRエレメント  
431…フリー層  
432…非磁性層  
433…ピン層  
434…反強磁性層  
44…絶縁層  
45…電極

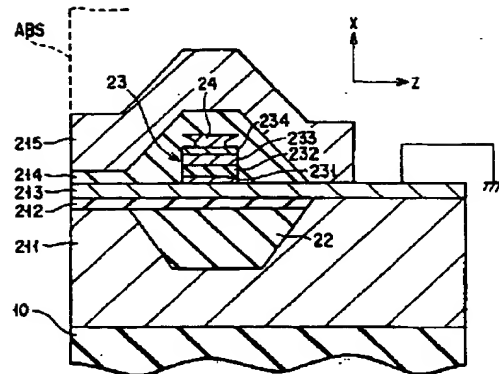
【図1】



【図2】



【図3】



【圖5】

